

⑰ 公開特許公報 (A)

昭61-121379

⑯ Int.Cl.

H 01 S 3/101

識別記号

府内整理番号

6370-5F

⑯ 公開 昭和61年(1986)6月9日

審査請求 未請求 発明の数 2 (全8頁)

④発明の名称 レーザ出力変調方法及び装置

⑤特 願 昭59-242432

⑥出 願 昭59(1984)11月19日

⑦発明者	迫 宏	伊勢原市桜台5丁目14-11 すみれ荘1号室
⑧発明者	鈴木 正弘	神奈川県中郡大磯町生沢316
⑨発明者	木村 正雄	小田原市蓮正寺160
⑩出願人	株式会社 アマダ	伊勢原市石田200番地
⑪代理人	弁理士 三好 保男	外1名

明細書

1. 発明の名称

レーザ出力変調方法及び装置

2. 特許請求の範囲

① 入射光軸を中心に回転自在に設けられたブリュスタウンドウに直線偏光されたレーザ光をブリュスタ角で入射し、前記ブリュスタウンドウを回転させることによってこれを透過するレーザ光の強度を変調させることを特徴とするレーザ出力変調方法。

② 入射光軸を中心に回転自在に設けたブリュスタウンドウと、このブリュスタウンドウを光軸の周りに所望角度回転させる回転手段と、前記ブリュスタウンドウを透過した直線偏光のレーザ光を円偏光に変換する1/4波長板と、この1/4波長板の回転角の調整手段とを備えて成るレーザ出力変調装置。

3. 発明の詳細な説明

[発明の技術分野]

この発明は、レーザ発振器から出力された直線

偏光のレーザ光の出力を調整するレーザ出力変調方法及び装置に関する。

[発明の技術的背景及びその問題点]

従来一般にレーザ加工機でレーザ出力を変調する方法は電流値制御方式が主流であり、注入電力を制御することによりレーザ発振器のレーザ出力を変化させている。

しかしながらこのような従来のレーザ出力変調方法では、レーザ発振器そのものの出力を変更するものであるためレーザ発振器を常に一定の出力で運転させたままそのレーザ出力を変化させることができず、レーザ出力の安定した変調を行うという点で問題があった。

[発明の目的]

この発明は、このような従来の問題点に鑑みてなされたものであって、レーザ発振器出力は常に一定に保ったまま、外部においてレーザ出力に変調をかけ、所望の強さの安定したレーザ出力が得られるレーザ出力変調方法及びその装置を提供するものである。

〔発明の概要〕

この発明は、レーザ発振器から出力されてくる直線偏光のレーザ光に対して発振器外部に設けられたブリュスタウンドウの方位角を変化させ、その透過レーザ出力を制御することによりレーザ出力を制御するものである。

すなわち、入射光軸を中心に回転自在に設けられたブリュスタウンドウに直線偏光されたレーザ光をブリュスタウンドウに入射し、前記ブリュスタウンドウを回転させることによってこれを透過するレーザ光の強度を変調させることを特徴とするレーザ出力変調方法、及び

入射光軸を中心に回転自在に設けたブリュスタウンドウと、このブリュスタウンドウを光軸の周りに所望角度回転させる回転手段と、前記ブリュスタウンドウを透過した直線偏光のレーザ光を円偏光に変換する1/4波長板と、この1/4波長板の回転角の調整手段とを備えて成るレーザ出力変調装置である。

〔発明の実施例〕

によって垂直方向にその進路を変更して1/4波長板15の入射光軸Cと一致させ、下方のワークWに対して集光レンズ25により集光しレーザ加工を行なうのである。

こうした円偏光装置17を用いる理由は、透過レーザ光9は入射レーザ光3とは偏光方向が若干異なるものの直線偏光のままであり、実際のレーザ切断を考慮するとさには円偏光切断が安定した切断を行なえるためである。

上記実施例のレーザ出力変調装置を用いたレーザ出力変調方法の基本原理を更に詳説する。第2図はブリュスタウンドウの窓材として用いられるセレン化亜鉛板(ZnSe)に入射角0°~90°の範囲でレーザ光が入射した時の反射光の入射面に平行なP成分と、入射面に垂直なS成分のエネルギー反射率を示している。グラフから明らかのように、反射光P成分のエネルギー反射率がゼロとなる入射角が存在することがわかる。この時の入射角θはブリュスタウンドウと呼ばれ、次式で決定される。

第1図はこの発明のレーザ出力変調装置の一実施例を示すものである。直線偏光型CO₂レーザ発振器1からレーザ光3が一定の偏光方向をもつ直線偏光として出力される。このレーザ光3は、発振器1の外部に設けられた、適宜の回転手段によってZ軸の周りに回転するレーザ出力変調装置5に入射される。そして、レーザ出力変調装置5内部にあるブリュスタウンドウ7への入射偏光状態がその回転によって変化し、透過レーザ出力9を制御する構成となっている。なお、このレーザ出力変調装置5内部には反射光も存在するため冷却水11を流し、冷却するようにしてある。

前記透過レーザ出力9はその進路を変更するための主反射鏡13によって90°垂直方向に変更される。そしてこの主反射鏡13の下方には1/4波長板15を有する円偏光装置17が光軸Cの周りに回転できるように設けられている。この円偏光装置17は、主反射鏡13から来る直線偏光レーザ光を1/4波長版15によって円偏光に変換し、その円偏光を複数の反射鏡19, 21, 23

$$\theta_B = \tan^{-1} n \quad (n : 折射率) \quad \dots (1)$$

今、ZnSeの場合n=2.4であるから、式(1)からθB=67.38と決定される。従って、ブリュスタウンドウにセットされたブリュスタウンドウにレーザ光を入射させると、入射面に平行なP成分はほとんど反射されることなく透過し、入射面に垂直なS成分は約50%近く反射されることになる。この結果が第3図にわかりやすく示されている。

第3図(a)は、ブリュスタウンドウBWの入射面に平行なP成分がほとんど反射されることなく透過することを示しており、同図(b)は、ブリュスタウンドウBWの入射面に垂直なS成分が約50%は反射され、残りの50%しか透過しないことを示したものである。(なお、光は紙面に垂直に進行するとする)

以上のようなブリュスタウンドウの特性を利用すれば、入射レーザ光の偏光方向は変化せず、ブリュスタウンドウ7を行するレーザ出力変調装置5をZ軸のまわりに回転することによってレ

レーザ出力を変調することができる。

次に、そのレーザ出力がどの程度変調されるかを示す。一般的な直線偏光が例えれば ZnSe のような誘導体 DE に入射する際の反射及び透過の状態は第4図に示すようなものである。今、第4図において入射光、反射光、透過光の電場ベクトル（振幅）をそれぞれ A, R, D とする。このとき、それぞれの光を入射面に平行な P 成分と垂直な S 成分に分割すると次式が成り立つ。

$$\begin{aligned} A^2 &= A_p^2 + A_s^2 \\ R^2 &= R_p^2 + R_s^2 \\ D^2 &= D_p^2 + D_s^2 \end{aligned} \quad \cdots (2)$$

さらに、第5図に入射光 A の P, S 成分に分割した例を示す。このとき、入射光 A の電場ベクトルの偏光方向と入射面に平行な P 成分とのなす角（方位角）を α とすると、次式が与えられる。

$$\begin{aligned} A_p &= A \cos \alpha \\ A_s &= A \sin \alpha \end{aligned} \quad \cdots (3)$$

ここで反射光 R にのみ注目して、反射光 R のエネルギー反射率（合成）を考える。反射光のエネル

ある。さらに入射直線偏光をブリュスタ角で入射させると、P 成分のエネルギー反射率 $|R_p/A_p|^2 = 0$ となるので、(4)式は次式のように簡単な形をとる。

$$R^2/A^2 = \sin^2 \alpha \cdot |R_s/A_s|^2 \quad \cdots (5)$$

また、今求めた反射率 $R^2/A^2 (= R_E)$ と透過率 $T_E (= D^2/A^2)$ との間には、

$$R_E + T_E = 1 \quad \cdots (6)$$

の関係があるので、(5), (6)式から透過率 T_E は、

$$T_E = 1 - \sin^2 \alpha \cdot |R_s/A_s|^2 \quad \cdots (7)$$

(7)式から求めた透過率 T_E と、入射偏光の偏光方向と入射面とのなす角（方位角） α との関係が第6図に示されている。この第6図から、入射光轴 Z に対してブリュスタウンドウ 7 を回転させ、方位角 $\alpha = 0^\circ$ から 90° まで変化させると、透過率 T_E は 100% から約 50% まで単調に減少することがわかる。この結果を第7図に基いて説明すれば、一定の直線偏光の偏光方向に対してブリュスタウンドウを 0° , 45° , 90° と回

ギ反射率は R^2/A^2 であって、

$$\begin{aligned} \frac{R^2}{A^2} &= \frac{R_p^2 + R_s^2}{A_p^2 + A_s^2} \\ &= \frac{\left| \frac{R_p}{A_p} \right|^2 + \left| \frac{R_s}{A_s} \right|^2}{1 + \left| \frac{A_s}{A_p} \right|^2} \\ &= \frac{\left| \frac{R_p}{A_p} \right|^2 + \left| \frac{R_s}{A_s} \right|^2 \cdot \left| \frac{A_s}{A_p} \right|^2}{1 + \frac{A_s^2}{A_p^2}} \\ &= \frac{\left| \frac{R_p}{A_p} \right|^2 + \tan^2 \alpha \cdot \left| \frac{R_s}{A_s} \right|^2}{1 + \tan^2 \alpha} \end{aligned}$$

∴ 式(3)より $A_p = A \cos \alpha$, $A_s = A \sin \alpha$ よって、

$$R^2/A^2 = \sin^2 \alpha \cdot |R_s/A_s|^2 + \cos^2 \alpha \cdot |R_p/A_p|^2 \quad \cdots (4)$$

$$\therefore 1 + \tan^2 \alpha = 1/\cos^2 \alpha$$

となる。この(4)式の意味は、反射光強度がその入射直線偏光の方位角と、P, S 成分それぞれのエネルギー反射率とによって決定されるということである。

転させるならば、透過率 T_E に $100\% \rightarrow 75\% \rightarrow 50\%$ と変化を与えることができ、ブリュスタウンドウ 7 を透過して来るレーザ出力を変調させることができるのである。

ところで、上記のようにして変調して得られる透過レーザ光と入射レーザ光とはその偏光方向を異にしたものである。そのため、第1図のレーザ出力変調装置 5 からの透過レーザ光 9 を円偏光装置 17 によって円偏光に変換してレーザ加工する場合、 $1/4$ 波長板 15 の回転角を透過レーザ光 9 の偏光方向に応じて調整しなければならない。そこで、偏光方向の変化の度合及び調整角度の大きさについて、次に説明する。

第4図において入射角 θ の入射光 A と屈折角 χ の透過光 D との間にフレネルの公式を適用すると、

$$D_s = 2 \sin \chi \cdot \cos \theta \cdot A_s / \sin(\theta + \chi) \quad \cdots (8)$$

$$D_p = 2 \sin \chi \cdot \cos \theta \cdot A_p / \sin(\theta + \chi) \cdot \cos(\theta - \chi) \quad \cdots (9)$$

(8)を(9)で割ると、

$D_s / D_p = \cos(\theta - x) \cdot A_s / A_p$ …(1)
今、入射光の電場ベクトルの入射面とのなす角を α_i とし、透過光の電場ベクトルの入射面とのなす角を α_t とすると、式は、

$$\tan \alpha_t = \cos(\theta - x) \cdot \tan \alpha_i \quad \dots(2)$$

となる。

ここで、プリュスタ角でレーザ光が入射されるので、入射角 θ と屈折角 x との間には常に次の式の関係が成り立つ。

$$\theta + x = 90^\circ \quad \dots(3)$$

さらに ZnSe の場合、上記のように $\theta = 67.38^\circ$ であるから、屈折角 $x = 22.62^\circ$ となる。従って、式(2)は改めて、

$$\tan \alpha_t = \cos(67.38^\circ - 22.62^\circ) \tan \alpha_i \\ = 0.71 \cdot \tan \alpha_i \quad \dots(4)$$

式(4)を基にして算出した入射光の電場ベクトル A と入射面のなす角 α_i に対する透過光の電場ベクトル D と入射面のなす角 α_t の関係が第8図に点線で示されている。そこで、例えば第9図のように入射レーザ光の偏光方向 A がプリュスタウィ

たように $1/4$ 波長板 27 を 9.62° だけ回転させて常に円偏光となるよう補正を加えてやる必要がある。ところが、第1図にこの原理をそのまま適用して主反射鏡 13 の位置に $1/4$ 波長板 27 を用いた場合には、方位角を常に 45° とするには $1/4$ 波長板を主反射鏡 13 の位置において Z 軸のまわりに回転させなければならなくなる。そうなると、レーザ光はワーク W に照射されなくなる場合も出てくる。

そこで第1図に示したように主反射鏡 13 の直下方に $1/4$ 波長板 15 を設けて、C 軸方向に回転できる構造とし、 $1/4$ 波長板 15 へ入射する直線偏光のレーザ光 9 の方位角が常に 45° となるように制御することにより円偏光を形成するようしているのである。

次に、上記構成のレーザ出力変調装置を用いたレーザ出力変調方法の具体例を説明する。

入射レーザ光 3 の偏光方向は入射面 IP_1 に対して常に $\alpha = 45^\circ$ の方位角を持つものとし、プリュスタウンドウ 7 の設置角 β を Z 軸回りの回

ンドウ BW の入射面 IP に対して方位角 $\alpha_i = 30^\circ$ のとき、透過光の偏光方向 D は方位角 $\alpha_t = 22.3^\circ$ となる。また第8図から方位角 $\alpha_i = 45^\circ$ のときに $\alpha_t = 35.38^\circ$ 、 $\alpha_i = 25^\circ$ のときに $\alpha_t = 18.32^\circ$ となる。

以上のようにして得られる透過レーザ光から内偏光を形成するには、第10図に示すように直線偏光のレーザ光 9 を方位角 45° 方向で入射角 45° で $1/4$ 波長板 27 に入射させる。

そこで、円偏光を形成するには一般的には第11図に示す構成がとれる。第11図において、入射面 IP_1 に対して $\alpha = 45^\circ$ 方向の方位角を示す直線偏光 3 がプリュスタウンドウに方位角 $\alpha_i = 45^\circ$ として入射すると、透過光 9 の偏光方向は、第8図から方位角 35.38° 方向の直線偏光となって進行する。さらに円偏光を生むために $1/4$ 波長板 27 に入射角 $\theta = 45^\circ$ で入射させるのであるが、その時 $1/4$ 波長板 27 の入射面 IP_2 は入射する直線偏光と常に 45° の方位角をなす必要がある。そのため、第11図に示し

転により変化させる場合を考慮する。

i) $\beta = 0^\circ$ の場合

第12図に示すように、プリュスタウンドウの設置角 β を入射面に対してゼロとなるように設置すると、第8図のグラフから透過光 9 は入射面に対して方位角 $\alpha_t = 35.38^\circ$ で伝搬していく。そこで、前方に位相シフトの少ない金属性反射鏡 13 を設置し、反射させて伝搬させる。その下方の $1/4$ 波長板 15 への入射状態は、方位角 $\alpha' = 35.38^\circ$ となる。

しかし、前にも述べたように、この $1/4$ 波長板 15 への入射状態は方位角 45° で入射させなければならない。そこで、C 軸を上から見て反時計方向に 9.62° 回転させなければならない。

第13図は $1/4$ 波長板 15 への入射状態と、その補正の様子を示し、同図(a)は補正前で、(b)は補正後である。

ii) $\beta = 70^\circ$ の場合

プリュスタウンドウ 7 の方位角 β を第14図のようにセットすると、プリュスタウンドウ 7

の入射面 IP と偏光方向とのなす角 α_i は 25° となる。

そこで第8図のグラフから、透過光9の偏光方向とプリュスタウンドウ7の入射面IPとのなす角 $\alpha t = 18.32'$ となる。さらに、この透過光9は主反射鏡13に伝播されるが、この主反射鏡13の入射面が初めの入射光3の入射面と同一であるため、この主反射鏡13への透過光の偏光方向は第15図に示すように、 $\alpha t' = 90' - (18.32' + 20') = 51.68'$ となる。

そして、 $1/4$ 波長板15への入射状態は第16図に示すようになる。

以上の結果を基に $1/4$ 波長板 15 への入射光の補正を考えると、第 17 図に示すように $1/4$ 波長板 15 を時計まわりに $51.68^\circ - 45^\circ - 6.68^\circ$ だけ回転させればよいことになる。

従って、i), ii) の結果から、 $1/4$ 波長板 15への入射面と偏光方向とのなす角 α' が 45° を基にして、 $\alpha > 45^\circ$ のとき上から見て右ま

わり、 $\alpha < 45^\circ$ のとき上から見て左まわりに必要な角度の回転を施せばよいことになる。

尚、上記実施例の説明では主反射鏡13を用いて光軸Zに対してC軸を垂直方向に屈折させているが、この実施例に限定されることはない。例えば、光軸ZとC軸とを一致させるように第1図における円偏光接着17全体を主反射鏡13の位置に設置してもよい。

[発明の効果]

この発明は、プリュスタウンドウを入射光軸を中心にして回転自在とし、藍緑偏光のレーザ光をプリュスタウンドウにプリュスタ角で入射させることにより、透過レーザ光の強度を変調させる方法及び装置である。従って、レーザ発振器からのレーザ出力は常時一定に保ちながらも、その前方の光学系の回転調整だけで照射レーザの強度を変化させることができ、所望強度のレーザを安定して得られる利点がある。

4. 図面の簡単な説明

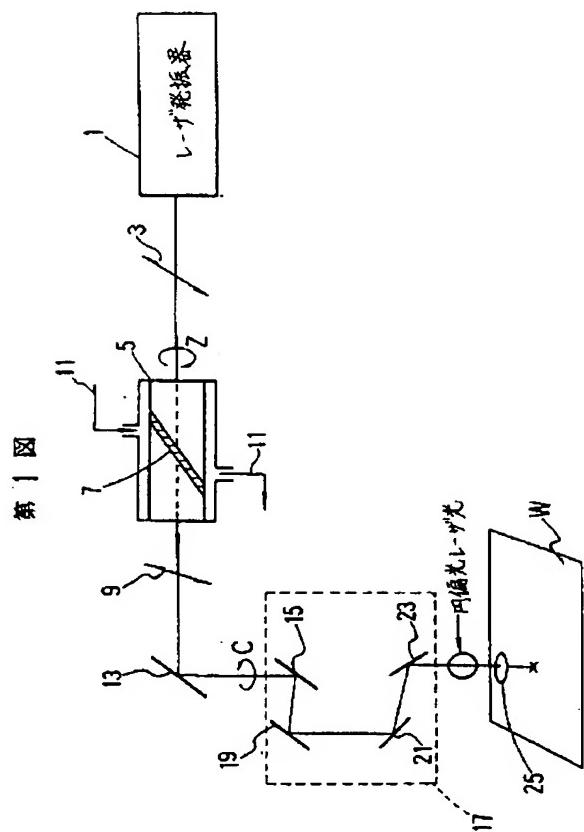
第1図はこの発明装置の一実施例の正面図、第

2図はZnSeプリュスタウンドウにおける光反射強度の入射角に対する関係を示すグラフ、第3図はプリュスタウンドウの透過光のP,S成分分布を示す概念図、第4図は光の反射と屈折の関係を示す図、第5図は入射光のベクトル分解図、第6図はプリュスタウンドウに対する方位角と透過率との関係を示すグラフ、第7図は透過光の偏光状態を示す概念図、第8図はプリュスタウンドウの入射光と透過光の方位角の変化を示すグラフ、第9図はプリュスタウンドウに対する光の透過特性を示す概念図、第10図は1/4波長板に対する光の反射特性を示す概念図、第11図はこの発明方法の一実施例を示す概念図、第12図は上記装置発明の実施例の作用を示す概念図、第13図は同実施例の1/4波長板の角度調整の一例を示す平面図、第14図は同上装置発明の実施例のプリュスタウンドウ部の作用を示す概念図、第15図は同上実施例の主反射鏡部分の作用を示す正面図、第16図は同上実施例の1/4波長板部の作用を示す平面図、第17図は同上実施

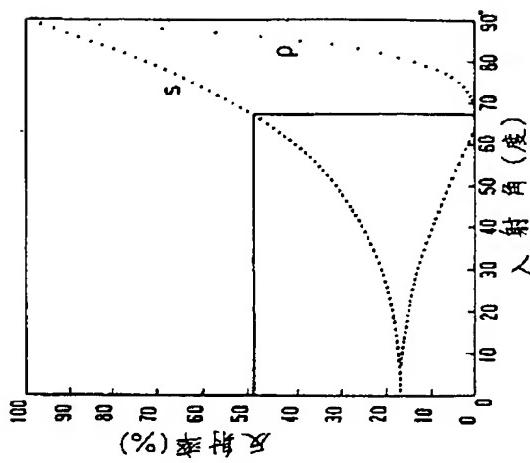
例の 1/4 波長版の角度調整の一例を示す平面図である。

1 … レーザ発振器 3 … レーザ光
 5 … レーザ出力要調装置
 7 … プリュスタウンドウ
 9 … 透過レーザ光 13 … 主反射鏡
 5 … 1 / 4 波長板 17 … 円偏光装置
 9, 21, 23 … 反射鏡
 25 … 集光レンズ W … ワーク

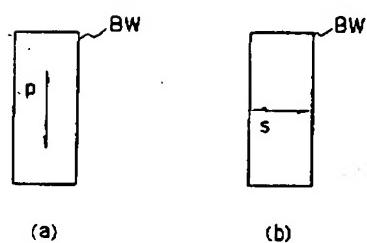
代理人弁理士三好保男



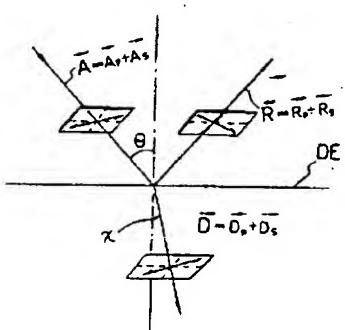
第2図



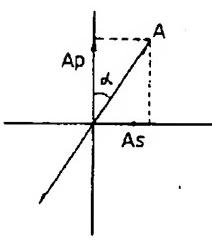
第3図



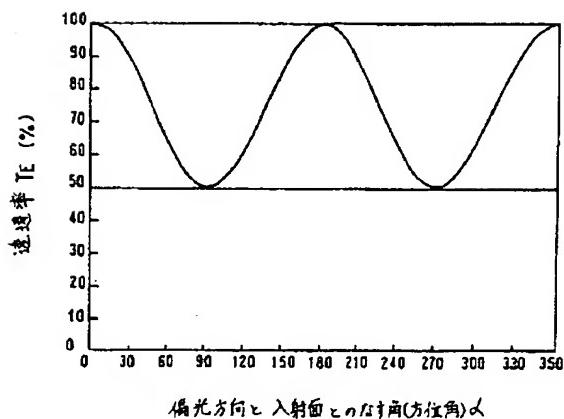
第4図



第5図

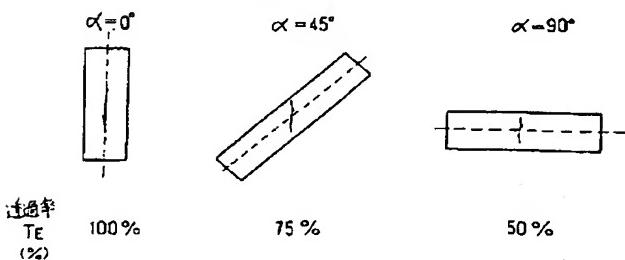


第6図



偏光方向と入射面とのなす角(方位角)α

第7図



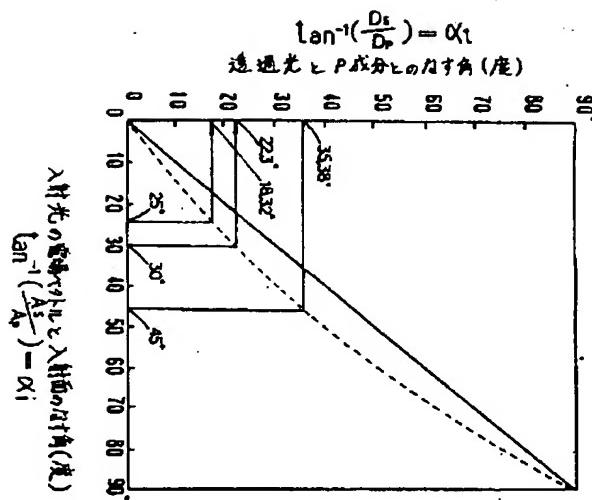
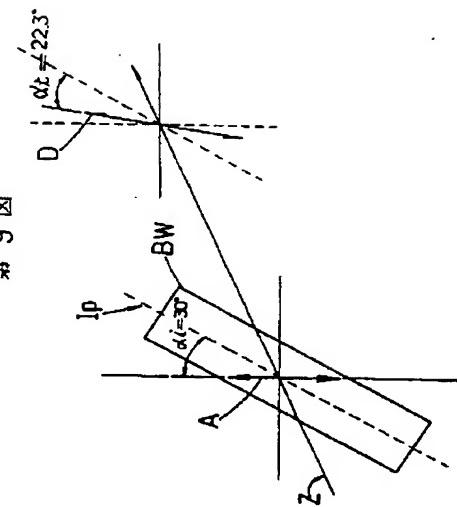
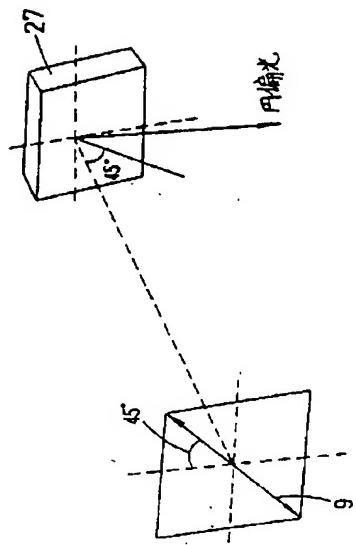


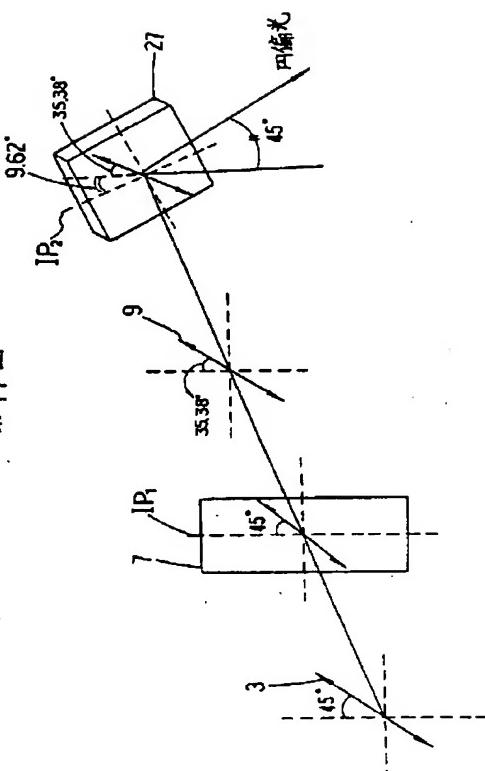
図8



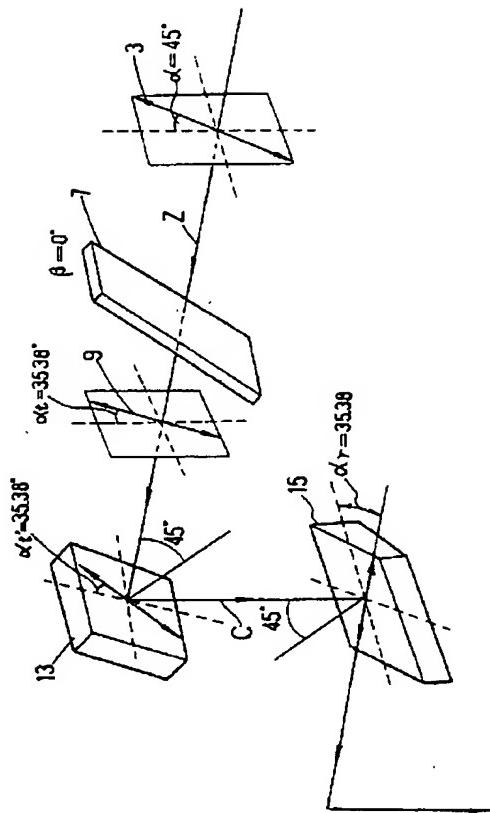
第10図



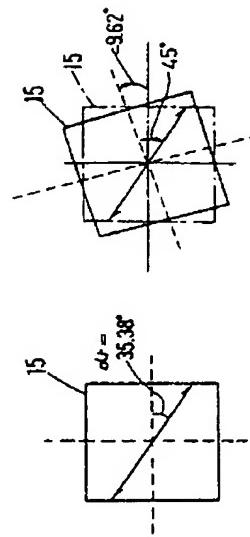
第11図



第12図

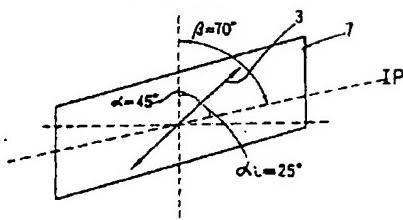


第13図

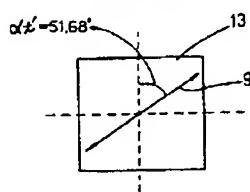


補正後
(b)
補正前
(a)

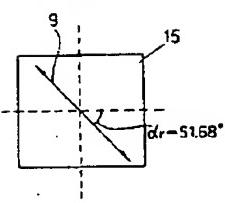
第14図



第15図



第16図



第17図

